

## ⑫ 特許公報(B2)

昭62-59296

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>G 03 F 1/00  
H 01 L 21/30

識別記号

G C A  
3 0 1

庁内整理番号

V-7204-2H  
P-7376-5F

⑭公告 昭和62年(1987)12月10日

発明の数 1 (全4頁)

⑬発明の名称 マスク

⑮特 願 昭58-19020

⑯公 開 昭58-173744

⑰出 願 昭58(1983)2月9日

⑱昭58(1983)10月12日

優先権主張 ⑲1982年4月5日⑳米国(US)㉑365672

⑳発 明 者 マーク・デービッド・ アメリカ合衆国カリフォルニア州サラトガ・ボニー・リッ  
レベンスン ジ・ウェイ19868番地㉒出 願 人 インターナショナル・ アメリカ合衆国10504ニューヨーク州アーモンク(番地な  
ビジネス・マシーン し)  
ズ・コーポレーション

㉓代 理 人 弁理士 岡田 次生 外1名

審 査 官 石 井 良 和

㉕参 考 文 献 特開 昭56-168654(JP, A) 特開 昭57-6848(JP, A)

1

## ㉖特許請求の範囲

1 少なくとも部分的にコヒーレントな入射光を用いるフォトリソグラフィにおいて使用するための、不透明領域及び透過領域を具備するマスクであつて、上記透過領域の隣り合ったものの少なくとも1対において、透過光が干渉して強め合うことのないように上記1対の透過領域を通過する光に位相差を与える透明材料を上記1対の透過領域の少なくとも一方に設けることを特徴としたマスク。

## 発明の詳細な説明

## 技術分野

本発明はフォトリソグラフィで使用するためのマスク、特に少なくとも部分的にコヒーレントな光を用いて使用するための位相推移マスクに関する。

## 背景技術

IBM Technical Disclosure Bulletin、1974年4月号、3784~85ページの“Microoptics in a Mask”はフォトリソグラフィ・マスクの分解能を改善するための方法を提案している。この改善はマスクの溝の壁面を正確に成形する事によつて達成される。分解能の改善は、散乱されずまづすぐに進行した波と溝の壁面で反射された波との

2

干渉の結果として生じる。この発明は反射によつて入射光を条件付けており、透過中に条件付けを行なう透明部材は用いていない。

米国特許第3942981号は、透明マスク基板上に形成された一段高い透明領域を用いたフォトマスクを提案している。一段高い透明領域の縁を通過した光は、露光すべき表面に影を形成するように屈折される。このマスクを使用すると、一段と高い透明領域の周辺の形のパターンが生じる。この発明はマスクの透過特性によつて入射光の条件付けを行なっているが、位相推移された光及び位相推移されない光に関係する干渉パターンは関与していない。

米国特許第3615449号は、回折格子と同じ原理で動作するフォトマスクを開示している。露光すべき基板は、マスクの回折作用を利用するためにマスクから所定の距離に置かれる。やはりここでも、マスクを通過した時の光の位相推移は存在しない。

米国特許第4068260号は、低域光学フィルタを開示している。このフィルタは透明基板上に支持された「光学的位相素子」より成る。これらの光学的位相素子も透明である。フィルタ作用は、光学素子を通過した位相のずれた光が、透明基板を

3

通過した位相の合つた光と相互作用する時に起きる。しかしマスキングの応用については何の言及も存在しない。

#### 発明の開示

本発明によれば、マスクの1つおきの透過領域の上又は下に透明材料が配置されたマスクが与えられる。透明材料は  $(n-1)d = \Phi\lambda$  となるような屈折率  $n$  及び厚さ  $d$  を有する。但し  $\lambda$  は入射光の波長、 $\Phi$  は  $1/4$  と  $3/4$  の間の分数である。

普通の、従来のリソグラフィ用マスクは不透明領域及び透過領域の両者から成っている。本発明では、1つおきの透過領域が、その上又はその下のいずれかに、透明材料を有している。「1つおき」という表現が使われる時、それは普通に使用されており、透過領域の半分が透明材料を有し、それを有するものはそれを有さないものと交互に現れる事を意味するつもりである。言い換えると、材料を有する領域及び有さない領域の交互のパターンが存在する。

本発明のマスクは、少なくとも部分的にコヒーレントな光を用いて使用する事を意図している。記号  $\sigma$  は当分野で光の非コヒーレント性の尺度として習慣的に用いられている。 $\sigma$  が 0 に等しい時、光は完全にコヒーレントである。 $\sigma$  が無限大の時、完全な非コヒーレンスが存在する。本発明のマスクは  $\sigma$  が 1 よりも小さい場合に用いる事が好ましい。最も好ましいのは  $\sigma$  が 0.7 以下の場合である。實際上、完全にコヒーレントなレーザ光が最も有利に用いられるが、本発明は部分的にコヒーレントな光の場合でも有利に用いられる。

前述のように、 $\Phi$  は  $1/4$  と  $3/4$  の間の分数である。 $\Phi$  が  $1/2$  である事が最も好ましい。

透明材料は有機物でも又無機物でも良い。有用な材料としては例えば、フッ化マグネシウム、二酸化チタン及び二酸化ケイ素等の無機物並びに特にポリマー材料等の有機物がある。良好な材料はポリメチルメタクリレートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

第1図は、ガラス10上にクロム12のパターンが付着された従来の透過マスク1を示す。第2図は本発明の1実施例の位相推移マスク2を示す。このマスクはガラス10上のクロム12のパターンによつて画定された開口の1つおきに位相推移体14が設けられている。

4

完全にコヒーレントな光の場合、強度を計算するために、各々の隣接した開口から回折された波による電場は加算され2乗されなければならない。2つの開口によつて回折された電場の間の強め合うような干渉は開口間の強度を最大化し、それによつてコヒーレント照明を有する光学系の分解能を減少させる。第1図はこの場合について説明しており、最もありふれた投影リソグラフィ露光装置における状況に相当する。

隣接する開口を透過した波が互いに  $180^\circ$  位相がずれるように構成される時は、弱め合うような干渉が開口の像の間の強度を最小化させる。そのような状況は、本発明のマスクにおいて、第2図のように適当な透明材料が1つおきの開口を覆う時に起きる。どのような所与の光学系も、そのような位相推移透過物体の像を、位相推移を持たない対応する透過物体よりも良い分解能及びより高いコントラストで投影するであろう。その結果得られる分解能及びコントラストの改善は微細線条の光学的リソグラフィにおいて非常に価値がある。

$\sigma < 0.3$  の部分的コヒーレンスを有する照明の場合は分解能が倍増し、 $\sigma < 0.7$  の場合はかなりの分解能の改善が得られた。電子ビーム・リソグラフィによつて典型的なデバイス構造を持つようにパターン化された位相推移マスクを用い、Mann4800 10×露光装置を用いて露光して得られた結果は、1000本/mmの分解能でプリントされた同じ構造を用いて使用可能な分解能の40%の増加を明らかにした。位相推移マスク構造体は、マスクとウェハとの間に大きなギャップがあるプロキシミティ露光も容易にする事ができる。従つて位相推移マスクは、超大規模集積化において光学的リソグラフィの分解能を高めるために非常に望ましい道具である。

上述のように、透明材料はマスクの1つおきの透過領域の上又は下のいずれにあつても良い。従つて生産マスクは2工程、即ち強度パターンを画定する不透明膜が形成される工程及び位相推移パターンが形成される工程によつて製造されなければならない。後者は前者よりも低い分解能しか必要でないが、正確に重ね合されなければならない。いずれの工程を最初に行なう事もできる。焦点深度を考慮すれば位相推移パターンを強度パタ

ーンの上部に付着する方が良いかもしれないが、一方散乱光を考慮すればその逆の方が良いかもしれない。3段階の工程を用いれば、異なつた屈折率 $n$ を有する2つの位相推移材料を付着する事が可能になる。そうすれば表面トポグラフィのないマスクが得られるであろう。しかしながら、生産マスクの製作は少なくとも2つの予備的パターン即ち強度パターンのためのもの、位相パターンのためのものの製作、正確な重ね合せ、及び付加的処理を必要とする事は明らかである。厚さの制御される精度は航空カメラ・レンズの反射防止膜において達成される精度と同様である。典型的な処理手順は下記の通りである。

- 1 基板をクロムで被覆し、さらにレジストで被覆する。
- 2 強度画成層を露光する。
- 3 レジストを現像する。
- 4 クロムをエッチングし、余分のレジストを除去する。
- 5 位相層のためのレジストで被覆する。
- 6 位相層を露光する。
- 7 レジストを現像する。
- 8 マスクに位相推移層を蒸着する。
- 9 フोटレジスト及びレジスト上の位相推移層を除去する。

レジスト自身を位相推移体として用いる事がしばしば望ましい。

実際のマスクの開口は種々の間隔と形状を有する事を理解しなければならない。ある開口対の間隔が十分に大きい時は、例えその対の一方を通過する光が位相推移層を通過するとしても、何らの意味のある分解能の改善は期待できない。そのような場合は、例え2つの名目上は隣接してい

る開口を共に位相推移層のある又は共に位相推移層のない状態にするとしても、ある付加的な考慮を満足するように位相推移層のパターンを設計しても良い。

- 5 本発明の変型において、位相推移層は2つ以上の異なつた厚さ $d_1, d_2$ 等を有し、特定の隣接した開口は $(n-1)(d_1-d_2)=\phi\lambda$ となるような異なつた厚さの位相推移層が上又は下に重ねられていても良い。他の開口は位相推移層が全く欠如していても良い。即ち、そのような裸の開口に隣接して厚さ $d_1$ の位相推移層があれば、前記の条件 $(n-1)d_1=\phi\lambda$ が適用されるであろう。明らかにこの変型において、異なつた開口対に異なつた値の $\phi$ を適用しても良い。

- 15 本発明の他の変型において、位相推移層は屈折率 $n_1, n_2$ 等を有する2つ以上の異なつた材料から構成しても良い。隣接する開口は、異なつた材料及びおそらく異なつた厚さを有する位相推移層が上又は下に配置され得る。厚さ及び屈折率に対する条件は $n_1d_1-n_2d_2=\phi\lambda$ である。但し $n_1$ 及び $d_1$ はある1つの開口上の位相推移層の屈折率及び厚さ、等である。この変型の特別な場合においては、 $d_1=d_2$ であり、位相推移層の表面は平坦である。

## 25 図面の簡単な説明

第1図は従来のマスクの断面、マスクにおける電場、ウエハにおける電場、及びウエハにおける光の強度を示す図、第2図は本発明の1実施例のマスクの断面、マスクにおける電場、ウエハにおける電場、及びウエハにおける光の強度を示す図である。

10……ガラス、12……クロム、14……位相推移体。

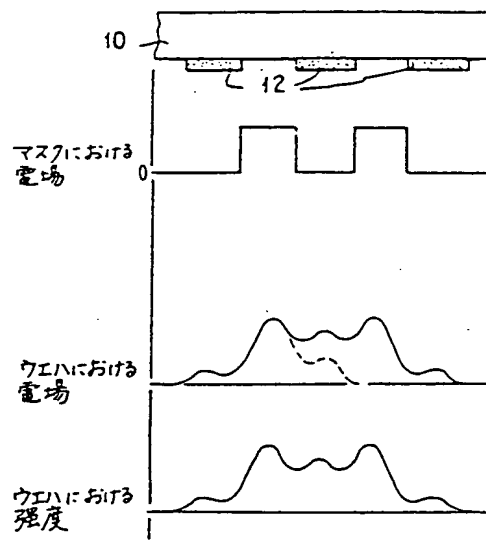


FIG. 1

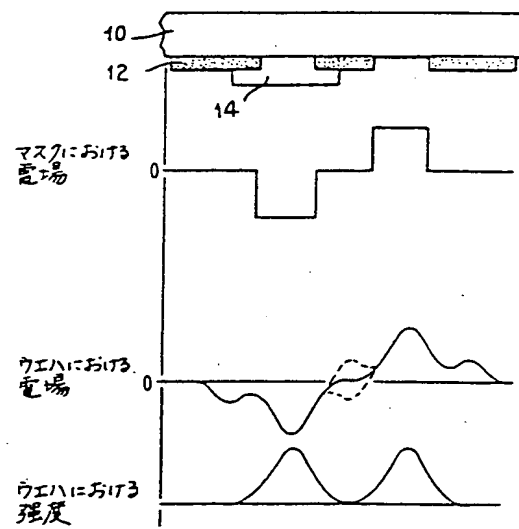


FIG. 2